

[File 351] Derwent WPI 1963-2006/UD,UM &UP=200642

(c) 2006 The Thomson Corp. All rights reserved.

**File 351: Preview the enhanced DWPI through ONTAP DWPI (File 280). For more information, visit <http://www.dialog.com/dwpi/>.*

1/5/1

Derwent WPI

(c) 2006 The Thomson Corp. All rights reserved.

014893437 **Image available**

WPI Acc No: 2002-714143/200277

XRPX Acc No: N02-563442

Robust real time estimation of bottleneck bandwidth in Internet by calculating set of bandwidth samples for burst received from

client end to determine bottleneck bandwidth

Patent Assignee: KONINK PHILIPS ELECTRONICS NV (PHIG)

Inventor: LOGUINOV D; RADHA H

Number of Countries: 024 Number of Patents: 008

Patent Family:

Patent No Kind Date Applicat No Kind Date Week

WO 200287276 A2 20021031 WO 2002IB1435 A 20020418 200277 B

US 20020169880 A1 20021114 US 2001837936 A 20010419 200277

KR 2003058946 A 20030707 KR 2002717262 A 20021218 200377

EP 1382219 A2 20040121 EP 2002724549 A 20020418 200410

WO 2002IB1435 A 20020418

CN 1488214 A 20040407 CN 2002801279 A 20020418 200441

JP 2004524782 W 20040812 JP 2002584651 A 20020418 200453

WO 2002IB1435 A 20020418

EP 1382219 B1 20060322 EP 2002724549 A 20020418 200622

WO 2002IB1435 A 20020418

DE 60210060 E 20060511 DE 210060 A 20020418 200634

EP 2002724549 A 20020418

WO 2002IB1435 A 20020418

Priority Applications (No Type Date): US 2001837936 A 20010419

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 200287276 A2 E 18 H04Q-011/00

Designated States (National): CN JP KR

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU

MC NL PT SE TR

US 20020169880 A1 G06F-015/16

KR 2003058946 A H04L-012/28

EP 1382219 A2 E H04Q-011/00 Based on patent WO 200287276

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI

LU MC NL PT SE TR

CN 1488214 A H04L-012/26

JP 2004524782 W 33 H04L-012/56 Based on patent WO 200287276

EP 1382219 B1 E H04Q-011/00 Based on patent WO 200287276
Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT
LI
LU MC NL PT SE TR
DE 60210060 E H04Q-011/00 Based on patent EP 1382219
Based on patent WO 200287276

Abstract (Basic): WO 200287276 A2

NOVELTY - Bandwidth samples are generated in a measurement step, 100, an optical filter step is provided, 120, to further increase accuracy of the generated bandwidth samples and an estimation step is performed, 140, to determine the best bandwidth from the samples to perform subsequent transmission of data packets from the server to the client.

DETAILED DESCRIPTION - AN INDEPENDENT CLAIM is included for a bottleneck bandwidth estimation device.

USE - Real time estimation of bottleneck bandwidth in Internet system.

ADVANTAGE - Accurate measurement of bottleneck bandwidth.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing is a flow chart of the method.

pp; 18 DwgNo 4a/6

Title Terms: ROBUST; REAL; TIME; ESTIMATE; BOTTLENECK; BANDWIDTH;
CALCULATE

; SET; BANDWIDTH; SAMPLE; BURST; RECEIVE; CLIENT; END; DETERMINE;
BOTTLENECK; BANDWIDTH

Derwent Class: W01

International Patent Class (Main): G06F-015/16; H04L-012/26; H04L-
012/28;

H04L-012/56; H04Q-011/00

International Patent Class (Additional): H04L-012/56

File Segment: EPI

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-524782

(P2004-524782A)

(43) 公表日 平成16年8月12日(2004.8.12)

(51) Int. Cl.⁷
H04L 12/56F I
H04L 12/56 200Zテーマコード (参考)
5K030

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2002-584651 (P2002-584651)
(86) (22) 出願日 平成14年4月18日 (2002.4.18)
(85) 翻訳文提出日 平成15年8月8日 (2003.8.8)
(86) 国際出願番号 PCT/IB2002/001435
(87) 国際公開番号 W02002/087276
(87) 国際公開日 平成14年10月31日 (2002.10.31)
(31) 優先権主張番号 09/837,936
(32) 優先日 平成13年4月19日 (2001.4.19)
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CN, JP, KR

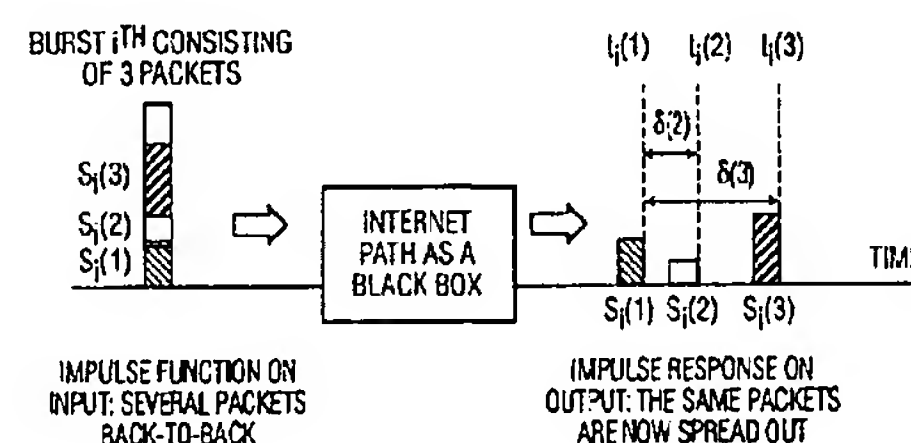
(71) 出願人 590000248
コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ
Koninklijke Philips Electronics N. V.
オランダ国 5621 ペーアー アイン
ドーフエン フルーネヴァウツウェッハ
1
Groenewoudseweg 1, 5
621 BA Eindhoven, The Netherlands
(74) 代理人 100087789
弁理士 津軽 進
(74) 代理人 100114753
弁理士 宮崎 昭彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インターネットにおけるボトルネック帯域幅の強固なリアルタイム推定のための方法及び装置

(57) 【要約】

通信ネットワークに渡ってボトルネック帯域幅を推定する方法及び装置が提供される。前記方法は、パケットから成る複数のバーストを、ボトルネックリンクを通してサーバによってクライアントに送信するステップと、前記クライアントの端末によって受信された各バーストについて帯域幅サンプルのセットを算出するステップと、前記サーバと前記クライアントとの間の以降のデータパケットの送信のために前記算出された帯域幅サンプルから新たなボトルネック帯域幅を決定するステップとを含む。ボトルネック帯域幅を推定することが可能な装置は、パケットから成る複数のバーストを送信する手段と、各バーストのパケットをボトルネックリンクを介して受信する手段と、各バースト内の最初のパケットと最後のパケットとの間のパケット間の間隔の差に基づいて帯域幅サンプルのセットを生成する手段と、前記生成された帯域幅サンプルから現在のボトルネック帯域幅を決定する手段とを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】

通信システムにおけるサーバとクライアントとの間のボトルネック帯域幅の推定を支援するために利用されるボトルネック帯域幅を推定する方法であって、前記方法は、
前記システムのボトルネックリンクを介して、パケットから成る複数のバーストを前記サーバから前記クライアントに送信するステップと、
前記クライアントによって受信された夫々の前記バーストから帯域幅サンプルのセットを計算するステップと、
前記サーバから前記クライアントへの以降のデータパケットの送信のために、前記計算された帯域幅サンプルから最良のボトルネック帯域幅を決定するステップと、
を有する方法。

10

【請求項2】

帯域幅寿命の値よりも大きなサンプル寿命を持つ帯域幅サンプルを拒絶することにより、前記計算された帯域幅サンプルから不正確な帯域幅サンプルをフィルタリングするステップを更に有する、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記クライアントシステムのオペレーティングシステム遅延に遭遇した帯域幅サンプルを拒絶することにより、前記計算された帯域幅サンプルから不正確な帯域幅サンプルをフィルタリングするステップを更に有する、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記オペレーティングシステム遅延に遭遇した前記帯域幅のサンプルが、前記オペレーティングシステム遅延に遭遇する前の理想的なバースト継続時間と前記オペレーティングシステム遅延に遭遇した後の実際のバースト継続時間との間の量の差に基づいて決定される、請求項3に記載の方法。

20

【請求項5】

再送されたパケットを持つ帯域幅サンプルを拒絶することにより、前記計算された帯域幅サンプルから不正確な帯域幅サンプルをフィルタリングするステップを更に有する、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記複数のパケットのバーストは、夫々の前記バーストにおいてパケット間遅延が生じさせられるように、前記サーバシステムによって最高の速度で送信される、請求項1に記載の方法。

30

【請求項7】

前記新たな帯域幅は、低速リンクについては前記計算された帯域幅サンプルのメジアン値に対応する、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

前記新たな帯域幅は、高速リンクについては前記計算された帯域幅サンプルの統計的な最頻値に対応する、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

マルチチャネルリンクが前記サーバと前記クライアントとの間に展開されている場合、前記新たな帯域幅は、前記計算された帯域幅サンプルの最小の帯域幅に対応する、請求項1に記載の方法。

40

【請求項10】

夫々の前記バーストにおいて欠損したパケットを持つ帯域幅サンプルを除去するステップを更に有する、請求項1に記載の方法。

【請求項11】

夫々の前記バーストについて前記帯域幅サンプルが、夫々の前記バースト内の最初のパケットと最後のパケットとの間のパケット間の間隔の差に基づいて計算される、請求項1に記載の方法。

【請求項12】

50

サーバとクライアントとの間の制御を支援するために利用されるボトルネック帯域幅を推定する方法であって、前記方法は、パケットから成る複数のバーストを前記サーバによってボトルネックリンクを通して最高の速度で前記クライアントに送信するステップと、夫々の前記バーストについて帯域幅サンプルのセットを前記クライアントによって計算するステップとを有し、ここで前記ボトルネック帯域幅は、夫々の前記バースト内の最初のパケットと最後のパケットとの間のパケット間の間隔の差であって、前記方法は更に、所定の基準に従って前記計算された帯域幅サンプルをフィルタリングするステップと、前記サーバと前記クライアントとの間の以降のデータパケットの送信のために新たなボトルネック帯域幅を決定するステップと、を有し、前記新たなボトルネック帯域幅の決定は前記計算された帯域幅サンプル及び前記フィルタリングするステップに基づく方法。

10

【請求項 13】

前記帯域幅サンプルを計算するステップは、夫々の前記バースト内の最初のパケット及び最後のパケットの受信の開始時間及び終了時間を決定するステップと、夫々の前記バーストについて2番目のパケット及び最後のパケットのパケットサイズを決定するステップと、夫々の前記バーストの前記最初のパケットと前記最後のパケットとの間のパケット間の間隔の差によって割られた、前記2番目のパケットと前記最後のパケットとの間のパケットサイズの差に基づき前記帯域幅サンプルを計算するステップと、を有する、請求項12に記載の方法。

20

【請求項 14】

前記複数のパケットのバーストは、夫々の前記バーストにおいてパケット間遅延が生じさせられるように、前記サーバシステムによって最高の速度で送信される、請求項12に記載の方法。

【請求項 15】

前記計算された帯域幅サンプルをフィルタリングするステップは、帯域幅寿命の値より大きなサンプル寿命を持つ帯域幅サンプルを拒絶するステップを有する、請求項12に記載の方法。

30

【請求項 16】

前記計算された帯域幅サンプルをフィルタリングするステップは、前記クライアントシステムのオペレーティングシステム遅延に遭遇した帯域幅サンプルを拒絶するステップを有する、請求項12に記載の方法。

【請求項 17】

前記オペレーティングシステム遅延に遭遇した帯域幅サンプルは、前記オペレーティングシステム遅延に遭遇する前の理想的なバースト継続時間と前記オペレーティングシステム遅延に遭遇した後の実際のバースト継続時間との間の量の差に基づいて決定される、請求項16に記載の方法。

【請求項 18】

前記計算された帯域幅サンプルをフィルタリングするステップは、再送されたパケットを持つ帯域幅サンプルを拒絶するステップを有する、請求項12に記載の方法。

40

【請求項 19】

前記新たな帯域幅は、低速リンクについては前記計算された帯域幅サンプルのメジアン値に対応する、請求項12に記載の方法。

【請求項 20】

前記新たな帯域幅は、高速リンクについては前記計算された帯域幅サンプルの統計的な最頻値に対応する、請求項12に記載の方法。

【請求項 21】

マルチチャネルリンクが前記サーバと前記クライアントとの間に展開されている場合、前

50

記新たな帯域幅は、前記計算された帯域幅サンプルの最小の帯域幅に対応する、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 2 2】

夫々の前記バースト内に欠損したパケットを持つ帯域幅サンプルを除去するステップを更に有する、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 2 3】

サーバとクライアントとの間の制御を支援するために利用されるボトルネック帯域幅を推定する装置であって、前記装置は、

パケットから成る複数のバーストを送信する手段と、

ボトルネックリンクを介して前記バーストのパケットを受信する手段と、

夫々の前記バースト内の最初のパケットと最後のパケットとの間のパケット間の間隔の差に基づいて帯域幅サンプルのセットを生成する手段と、

前記サーバと前記クライアントとの間の以降のデータパケットの送信のために、前記生成された帯域幅サンプルから新たなボトルネック帯域幅を決定する手段と、

を有する装置。

【請求項 2 4】

帯域幅寿命の値を超える前記生成された帯域幅サンプルの 1 つを除去することにより前記生成された帯域幅サンプルをフィルタリングする手段を更に有する、請求項 2 3 に記載の装置。

【請求項 2 5】

前記クライアントのオペレーティングシステム遅延に遭遇した前記生成された帯域幅サンプルの 1 つを除去することにより、前記生成された帯域幅サンプルをフィルタリングする手段を更に有する、請求項 2 3 に記載の装置。

【請求項 2 6】

再送されたパケットを持つ前記生成された帯域幅サンプルの 1 つを除去することにより前記生成された帯域幅サンプルをフィルタリングする手段を更に有する、請求項 2 3 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はインターネットの分野に関する。より詳細には、本発明はインターネットシステムにおけるボトルネック帯域幅をリアルタイムに推定する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

インターネットは多くの異なるネットワークの非常に多様な接続へと成長し、非常に様々な帯域幅のリンクから成っている。その結果、インターネットの端末間のネットワークパラメータは、決定するのにより複雑なものとなった。加えて、殆どのデータアプリケーションは自身のトラフィックのパラメータを予測することはできない。従って、インターネットシステムは通常、端末間のインターネット経路のボトルネック帯域幅を動的に推定して適応するサービスを必要とする。前記ボトルネック帯域幅は、端末間の経路の最も遅いリンクの速度を表す。

【0003】

図 1 は、受信器ベースパケットペア (RBP P) として知られる従来の推定メカニズムを示す。単純さ及び明確さのため、パケットの縦の長さはリンク速度を表し、横の長さは伝送時間を表す。従来の RBP P 法においては、送信器は、それぞれのサイズが S_1 及び S_2 である、連続した 2 つのパケット (パケットペアと呼ばれる) を受信器に送信する。これらのパケットが端末間の経路を横断するにつれ、ボトルネックリンクによって分散させられる。前記ボトルネックリンクは前のリンクよりも遅いため、到着したパケット間の間隔は典型的には増加される。その結果、遅いボトルネックリンクを通して各パケットを送信するために、より長い時間が掛かる。残りの経路においては、より遅いボトルネックリ

10

20

30

40

50

ンクに遭遇しない限りは、パケット間の新たな間隔 ΔT が維持される。

【0004】

図1に示されるように、離隔されたパケットの受信に際して、前記受信器はボトルネック帯域幅 B_B の値を計算する。該値は従来の方法によって $S_2 / \Delta T$ によって算出される。その後前記受信器は、前記計算された推定値 B_B を伴う特別なパケット、即ち肯定応答パケット (ACK) を生成し、該パケットを前記送信器に送り返す。前記送信器は次いで、前記ボトルネック帯域幅 B_B の推定に基づいて送信レートを調節することができる。

【0005】

現在展開されている他の先行技術は、基本的に上述の RBP P 方法に由来するパケットパンチモード (PBM) 手法に従う。前記 PBM はオフラインモードの間にボトルネック帯域幅を測定することを目的とする。加えて前記 PBM は、一連のフィルタリング及び推定手法を、所定のセッションの間収集された全てのサンプルに適用し、それによって推定の時に準備ができていべき帯域幅のサンプルの全体のセットを取得する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

帯域幅を推定する上述の先行技術は両方とも多くの欠点を持つ。最初に、両方の手法ともパケット圧縮イベントに非常に敏感である。該イベントは、パケットが元々送り出されたときよりも互いに近づいて到着する場合に起こる現象である。従って、両方の方法ともリアルタイムに現存するインターネットに利用された場合、ボトルネック帯域幅の不正確な推定を生成する。加えて、2つ目の方法はオフライン動作のために提案され、推定の時に準備ができていべき帯域幅のサンプルの全体のセットを必要とするため、本方法のリアルタイムな適用は実現可能ではない。更に、両方の方法とも、スケジューリング及び切り換え動作の間のクライアントマシンの OS カーネルによって招かれる遅延の変化に対処しない。それ故、検出されたパケット間の間隔 ΔT は、前記パケットが目的のノードに送られる前に OS の動作によって著しく歪められている場合があり、従ってボトルネック帯域幅 B_B の不正確な推定に帰着する。更に、両方の方法とも各パケットに付加されるべき伝送タイムスタンプを必要とするため、それによってオーバーヘッドを増加する。加えて、RBP P は帯域幅を測定するため特別な探査パケットを送信し、余分な帯域幅のオーバーヘッドを招く。

【0007】

それ故、リアルタイムのアプリケーションにおいてボトルネック帯域幅を正確に測定する改善された方法及びシステムに対するニーズがある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

好適な実施例において本発明は、サーバとクライアントとの間の端末間インターネット経路のリアルタイムのボトルネック帯域幅の推定に関する。従って、ボトルネック帯域幅を推定することが可能であって、パケットから成る複数のバーストをボトルネックリンクを通して前記サーバによって前記クライアントに送信するステップと、前記クライアント端末によって受信された各バーストについて帯域幅のサンプルのセットを算出するステップと、前記サーバと前記クライアントとの間の以降のデータパケットの送信のために前記算出された帯域幅から新たなボトルネック帯域幅を決定するステップとを含む方法が提供される。

【0009】

本発明は、ボトルネック帯域幅を推定する装置であって、複数のパケットバーストを送信する手段と、ボトルネックリンクを介して各バーストパケットを受信する手段と、各バーストの最初と最後のパケットの間の間隔の差に基づいて帯域幅サンプルのセットを生成する手段と、前記生成された帯域幅サンプルに基づいて新たなボトルネック帯域幅を決定する手段とを含む装置に関する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下の説明において、限定ではなく説明の目的で、本発明の完全な理解を提供するため特定の構造、インタフェース、手法等といった特定の詳細が明示される。しかしながら、本発明はこれらの特定の詳細から外れた他の実施例においても実践され得ることは当業者には明らかであろう。更に、明確さのために、本発明に説明を不要な詳細によって不明瞭にしないために、良く知られた装置、回路及び方法の詳細な説明は省かれる。

【0011】

図2を参照すると、本発明の実施例による、インターネットに渡ってマルチメディアデータを流すサーバクライアント型アーキテクチャ10は、サーバ装置のような第1のシステム12と、クライアント装置のような第2の装置14とを含む。サーバ及びクライアントは共に、インターネット・ネットワーク16のアクセスリンク18及び20を介して互いに通信する。本発明の実施例は、以降のデータパケットの送信のために高速で信頼性の高い方法による、端末間の経路の最も遅いリンクの速度を表すボトルネック帯域幅の推定を目的としている。サーバシステム12は中央処理ユニット22、汎用メモリ24及びオペレーティングシステム26を有する。クライアントシステム14もまた、数ある中でも中央処理ユニット28、汎用メモリ30及びオペレーティングシステム32を有する。

10

【0012】

本発明の実施例によればシステム10は、先行技術におけるようにボトルネック帯域幅を測定するために特別なパケットペアを送信するのではなく、ボトルネック帯域幅を推定するためにビデオトラフィック（例えばバーストパケット）を利用するサーバシステム12を提供する。本発明による各バーストパケットのUDPパケットのフォーマットは図3に示される。リアルタイムのアプリケーションにおける各パケットはバースト識別子を担持し、このことは受信器が異なるバーストからパケットを区別することを可能にする。簡単さのため、本発明に係る帯域幅測定を以下、拡張受信器ベースパケットペア（ERBPP）と呼ぶ。

20

【0013】

ここで、本発明の実施例によるリアルタイムな帯域幅推定の実行の詳細な説明は、以下図4(a)及び図4(b)と共に説明される。

【0014】

図4(a)を参照すると、本発明に係る帯域幅推定処理は、測定ステップ100、フィルタリングステップ120及び推定ステップ140の3つのステップから成る。フィルタリングステップ120は、測定ステップ100において生成された帯域幅サンプルの精度を更に向上するために実行される任意の操作である。初めにサーバシステム12は、パケットから成る複数のバーストをボトルネックのリンク経路を介してクライアントシステム14に送信する。ステップ100において、所定の期間内にクライアントシステム14において受信された各バーストについての帯域幅が測定され、サンプルのセット $B_M(\tau, \Delta)$ に収集される。次いでステップ120において、アプリケーション層へのパケットの配信におけるOS関連のスケジューリング遅延によって引き起こされる、起こり得る圧縮又は伸長のため、特定の収集されたサンプルが前記サンプルのセットから除去される。重ねて言うが、フィルタリングステップ120は必須ではなく、ネットワークの一般の状況下でより正確な推定が得られ得る場合にのみ実行される。ステップ140において、ボトルネック帯域幅の最新でかつ正確な推定である単一の推定値 $b_{EST}(\tau, \Delta)$ が、所定の基準に従って決定される。これらの3つの主要な操作の原理は、以下により詳細に説明される。

30

40

【0015】

図4(b)を参照すると、本発明の実施例により、サーバシステム12はステップ200において実際のリアルタイムデータをバーストに含むデータパケットを送信する。ここで、サーバシステム12がクライアントシステム14に配信する必要があるパケットは、端末間インターネット経路に沿って移動するパケットが前記ボトルネックリンクにおいてキューに入れられ遅延される状況を保証するため、隣接するリンクの最高伝送速度で送信さ

50

れる。即ち、各パーストの packets はボトルネックリンクの速度よりも明確に速い速度でサーバシステム 12 を離れる必要があり、そのため図 5 に示すように各パースト中の packets はクライアントシステム 14 に到着する前に伸長され得る。サーバシステム 12 は図 5 において異なるサイズの packets を利用しているが、サーバシステム 12 は本発明の実施例においては等しいサイズの packets を送信しても良いことに留意されたい。

【0016】

次いでステップ 210 において、これらの packets はインターネット・ネットワークを通過して、クライアントシステム 14 に到着する。複数の packets パーストを受信すると、ステップ 220 においてクライアントシステム 14 は、クライアントシステム 14 において受信された各 packets パースト i について対応するボトルネック帯域幅 B_i を計算する。このとき、クライアントシステム 14 において受信されたパーストのいずれかが 1 つに packets 損失がある場合、ステップ 230 において、欠損した packets を持つパーストに基づく前記帯域幅サンプルは、帯域幅サンプルのセット B_M (セ, Δ) のセットに含まれない。このことを達成するため、クライアントシステム 14 は図 8 に示すようなそれぞれのパーストのヘッダ情報を解析し、与えられたパースト内のいずれの欠損した packets を特定する。加えて、前記クライアントが送信された packets を受信した間の packets のパーストが同様に廃棄される。前記 packets のパースト中に欠損した packets がなく、前記パーストの半ばに再送信がない場合、ステップ 230 において以下のように帯域幅サンプル B_i が測定される。

【0017】

サーバシステム 12 から送出されたパースト packets を受信すると、クライアントシステム 14 は packets ペア概念に基づいて対応する帯域幅を測定し、セット B_M (セ, Δ) 中に収集されたサンプルのデータベースを保持する。ここでセは現在の時間を表し、 Δ はサンプルの「寿命」を表す。即ちクライアントシステム 14 は、各パースト内の最初の packets と最後の packets との間の packets 間の間隔を利用して前記ボトルネック帯域幅のサンプルを計算する。図 5 を参照すると、 i 番目のパーストが n_i 個の packets から成り、 $s_i(k)$ バイトを含む前記パーストの k 番目の packets が時間 $セ_i(k)$ において受信された場合、クライアントシステム 14 は以下の式に従って各パーストについて部分的な帯域幅サンプル $b_i(k)$ を計算する：

【数 1】

$$b_i(k) = \frac{1}{\delta(k)} \sum_{j=2}^k s_i(j),$$

ここで $2 \leq k \leq n_i$ であり、 $\delta(k) = セ_i(k) - セ_i(1)$ である。また各サンプル $b_i(k)$ はパースト i の最初の k ($k \geq 2$) 個の packets を利用した帯域幅の推定値を表す。ここで、パースト持続時間 $[セ_i(k) - セ_i(1)]$ はボトルネックリンクに渡るパーストの 1 番最初の packets の送信時間を含まないため、帯域幅の計算において 2 番目 ($j=2$) の packets から和が始まる。好ましくは、 packets の数 n_i は各パーストについて少なくとも 3 個の packets と設定されるが、この数は必須ではない。ERBPP 法においては、パースト i に基づく帯域幅 B_i の各サンプルは、最後の部分的なサンプルに等しく、 $B_i = b_i(n_i)$ である。マルチチャネルリンク環境においては（ここでは ERBPP+ 法と呼ぶ）、サンプル B_i は部分的なサンプル $b_i(k)$ の最小値として選択され、全ての k について $B_i = \forall k : \min(b_i(k))$ である。更に、少なくとも m 個の packets を持つパーストのみを考慮する ERBPP 法は ERBPP_m と呼ばれる。 m の提案される値は少なくとも 3 である。同様に少なくとも m 個の packets を解析する ERBPP+ 法は ERBPP_m+ と呼ばれる。同一の値 $m=3$ が ERBPP_m+ に提案される。時間セにおいて ERBPP_m 又は ERBPP_m+ を利用してサンプル B_i が計算されると、該サンプルは収集されたサンプルのセット B_M (セ, Δ) に追加され、 Δ 時間単位より長くない時間の間保持される。

【0018】

従ってクライアントシステム14は、先行技術において必要とされるように各パケットの正確な送信時間ではなく、異なるバースト中のパケット間のだけを識別する必要がある。それ故、各パケットヘッダにおいて必要とされるフィールドは1ビット(0又は1)のバースト識別子及びパケットシーケンス番号のみである。加えて、本発明に係る方法は、パケットバーストの形式における実際のビデオデータが帯域幅を計算するために利用されるため、従来技術におけるような別個のパケットペアの送信に関連する帯域幅のオーバーヘッドを持たない。パケットバースト中のパケットの数は、ストリーミング速度及び所望のバースト性に依存して2パケット以上であっても良いことに留意されたい。加えて、多くのストリーミングメディアのパケットサイズは一定ではないため、インパルス(即ちパケットバースト)毎のパケットの数は変化する。

10

【0019】

次いでステップ240がオペレータの裁量で実行される。このフィルタリングステップは、ボトルネック帯域幅の新たな推定に先だって、生成されたサンプル $B_M(\tau, \Delta)$ の精度を改善するため、クライアントシステム14によって選択的に実行されることが出来る。簡単のため、前記フィルタリング処理を受けた後の新たな結果の帯域幅サンプルは、以下 $B_1(\tau, \Delta)$ で示される。本発明の実施例によれば、ボトルネック帯域幅推定の精度を改善するために利用される2つのタイプのフィルタリング手法がある。最初の手法は、サンプルの寿命 Δ を所定の時間に維持することにより生成されたサンプル $B_M(\tau, \Delta)$ をフィルタリングする。かくして、サンプル寿命値を超えるいずれの生成された帯域幅サンプルも、ステップ242において $B_M(\tau, \Delta)$ から除去される。好適な実施例において、推奨される値 Δ は30秒と300秒との間に渡る。

20

【0020】

一方2つ目の手法は、アプリケーション層へのパケットの配信において、クライアントシステム14のOSカーネル内のランダム的で決定的な遅延(即ち処理スケジューリング遅延、データリンク層における低分解能クロックによって引き起こされる遅延)によって発生させられるエラーの量の減少に関連する。図6はこのタイプの望ましくない遅延、即ちパケット間の間隔を変化させるパケット圧縮及びパケット伸長を示す。ここで前記パケット伸長は、ボトルネックリンクによって発生させられたパケット間遅延よりも小さい間隔を持つ、クライアントシステム14に到着したバースト中のパケットを参照する。このタイプの圧縮は例えば、ペアの最初のパケットがボトルネックルータを通過した後、何らかの高速インタフェースにおいて大きなキュー遅延に遭遇し、2つ目のパケットが同一のインタフェースにおいてキュー遅延に遭遇しない又は小さいキュー遅延に遭遇することによって前記最初のパケットに追いつく場合に発生し得る。図6に示すように、バーストの最初のパケット(半ばのバースト)はクライアントシステム14のOSによって、同一のバーストの2つ目のパケットがカーネルによって受信されるまで遅延される。次いでこれらパケットは共にスケジューリングされアプリケーション層に配送される。このような場合において、アプリケーションはバーストの始まりを誤って識別し、 $ERBPP_m$ 帯域幅の計算において(ΔT_i の代わりに)より小さなバースト長さ $\Delta \tau_i$ を利用し得る。前記パケット伸長は、ボトルネックリンクによって理想的にもたらされたものよりも大きな間隔でクライアントシステム14に到着したパケットを参照する。前記伸長はボトルネックルータの通過の前又は後に発生し得る。その結果、クライアントシステム14は、ボトルネックリンクの速度ではなく前記伸長されたパケットペアに基づいて帯域幅を誤って測定し得る。

30

40

【0021】

前記圧縮又は伸長のイベントによって引き起こされ得る不正確な推定を除去するため、本発明の実施例はステップ244において、圧縮及び/又は伸長によって引き起こされる不正確な帯域幅推定を収集されたサンプル $B_M(\tau, \Delta)$ から除去するフィルタリング処理を提供する。前記フィルタリング操作の原理は、各受信されたバースト i についての観測されたバースト継続時間 $D_{b,i}$ 及び $D_{b,i} - 1$ の理想的な値 D_b との比較に基づく。即ち、OS関連の遅延に遭遇した不正確な帯域幅サンプルは、OS遅延に遭遇する前の理想的

50

なバースト継続時間と、前記OS遅延に遭遇した後の実際のバースト継続時間との差分の量に基づき決定される。図6を参照すると、各バーストの長さは D_b 時間単位の固定された継続時間を持つ（即ち、1つのバーストは D_b 時間単位毎に生成される）。送信の間に着しい圧縮が起こらない場合は、図6のグラフの上と下の間のそれぞれのバースト長さは一致する。かくして、これらが一致しない場合、又はバースト間隔 D_b^i （実際のバースト継続時間）が D_b （理想的なバースト継続時間）から $\alpha\%$ 以上ずれる場合、圧縮/伸長イベントが推定される。言い換えると、ステップ244において、 $|1 - D_b^i / D_b| \leq \alpha$ でかつ $|1 - D_b^i - 1 / D_b| \leq \alpha$ の場合、対応する帯域幅サンプルがセット $B_M(t, \Delta)$ 内に保持され、そうでなければ除去される。 α の提案される値は、例えば5%と40%との間に渡る。簡単のため、 $\alpha\%$ フィルタリングを用いるERBPP_m法は以下
 ERBPP_m - α と呼ぶ。 10

【0022】

最後にステップ260において、本発明によるクライアントシステム14は、時間 t におけるボトルネックリンクの現在の値を表す単一の推定値 $b_{EST}(t)$ を決定することにより、フィルタリングされたサンプルのセット $B_I(t, \Delta)$ （ファイリングステップ240が実行されない場合、セット $B_I(t, \Delta)$ はセット $B_M(t, \Delta)$ に等しいことに留意されたい）から新たなリアルタイムの帯域幅を決定する。ここで、 $b_{EST}(t)$ の推定は2つの手法、即ちセット $B_I(t, \Delta)$ のメジアン手法又は統計的手法に分割される。メジアン値はステップ264において低速リンク（128Kbpsより下）に適用され、一方で統計的な最頻値（mode）はステップ262において高速リンク（128Kbpsより上）に適用される。セットの統計的な最頻値は、該セットの確率分布関数（PDF） $f(x)$ が最大値に到達するような値 x である。実際には、前記PDFは有限のセットについては不明であり、通常前記セットのヒストグラムによって置き換えられる。セットのヒストグラムは前記セットに含まれる値のセットを等しいサイズのビン（bin）に分割し、各ビンに入る前記セットからのサンプルの百分率を計算することにより計算される。次いで最も高い百分率を持つビンの中央が前記セットの最頻値として選択される。本発明については、前記ビンのサイズとして提案される値は1Kbpsと5Kbpsとの間である。従って、推定値 $b_{EST}(t)$ は、セット $B_I(t, \Delta)$ のメジアン又はモードの利用を通して、任意の必要な時間 t において、制御又は他の目的のために利用されることができ、更に、マルチチャネルリンクがサーバシステム12とクライアントシステム14との間に展開される（又は前記クライアントによって展開されることが確信される）場合、前記クライアントはERBPP_m法よりむしろERBPP_{m+}法を利用する（フィルタリングステップ240が実行されない場合、セット $B_I(t, \Delta)$ はセット $B_M(t, \Delta)$ に等しいことに留意されたい）。 30

【0023】

要約すると、本発明は、現存する帯域幅推定アルゴリズムに対して著しい性能の改善を達成する、新たな帯域幅推定メカニズムを提供する。デジタル通信リンクに渡ってボトルネック帯域幅を推定するための好適な実施例がかくして説明されたが、本システムのある程度の利点が達成されたことは当業者には明確であろう。以上の説明は本発明の実施例としてのみ解釈されるべきである。従って当業者は、本発明の基本原理又は範囲から何ら逸脱することなくこの実施例と同様の機能を提供する代替の構成を容易に考え付くことができる。 40

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】従来の帯域幅推定メカニズムを示す。

【図2】本発明による帯域幅推定システムの例示的な構造の模式図である。

【図3】本発明による、サーバ端末におけるユーザ・データグラム・プロトコル（UDP）パケットのフォーマットを示す。

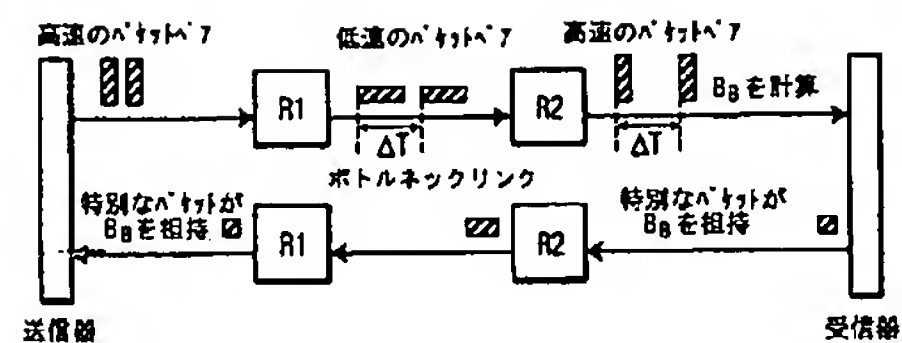
【図4（a）】本発明によるボトルネック帯域幅推定器の動作を示すフローチャートである。 50

【図4(b)】本発明によるボトルネック帯域幅推定器の推定の更なる詳細を示すフローチャートである。

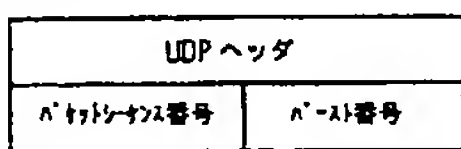
【図5】本発明によるパーストの packets の帯域幅を測定する特有のメカニズムを示す。

【図6】本発明によるパケット圧縮イベントに対処する特有のメカニズムを示す。

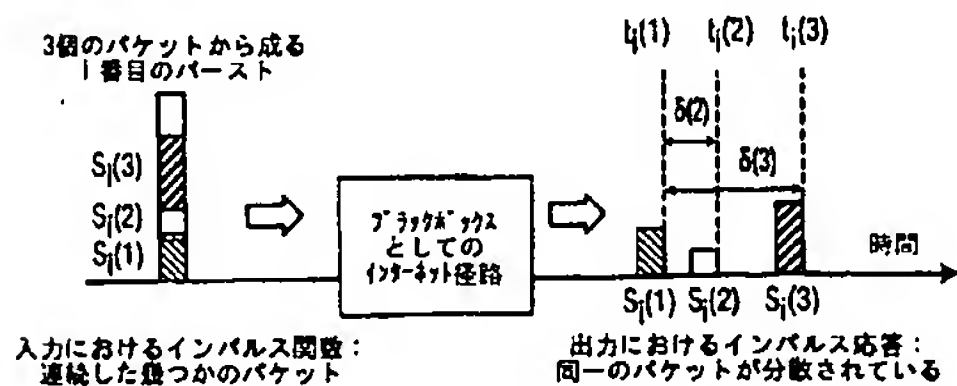
【図1】



【図3】



【図5】



【図6】

